

Dezentrales Koordinationskonzept zur multilateralen kollaborativen Produktions- und Distributionsplanung

Bernd Hellingrath
Carsten Böhle
Peer Küppers
Michael Könning

Veröffentlicht in:
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012
Tagungsband der MKWI 2012
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



Braunschweig: Institut für Wirtschaftsinformatik, 2012

Dezentrales Koordinationskonzept zur multilateralen kollaborativen Produktions- und Distributionsplanung

Bernd Hellingrath

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, 48149 Münster,
E-Mail: bernd.hellingrath@ercis.uni-muenster.de

Carsten Böhle

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, 48149 Münster,
E-Mail: carsten.boehle@ercis.uni-muenster.de

Peer Küppers

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, 48149 Münster,
E-Mail: peer.kueppers@ercis.uni-muenster.de

Michael Könning

Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, 48149 Münster,
E-Mail: michael.koenning@ercis.uni-muenster.de

Abstract

Modelle, die integrativ Produktions- und Transportplanung simultan optimieren können, stoßen in der aktuellen Supply Chain Management-Forschung ebenso wie Konzepte zur dezentralen Planung auf großes Interesse. Im vorliegenden Beitrag wird ein VMI-Konzept vorgestellt, das eine koordinierte Planung der Lieferdaten und -mengen bzw. der Transporte zwischen den beteiligten Lieferanten anstrebt. Es wird gezeigt, welche Verbesserungen erzielt werden können und welches die daraus resultierenden Anforderungen an ein Framework zur Abbildung und Lösung dezentraler Planungskonzepte sind.

1 Motivation und Problemstellung

Das Konzept des Vendor Managed Inventory (VMI) hat in den letzten Jahren sowohl in der Literatur [8] als auch in der Praxis [13] weite Beachtung gefunden. Es beschreibt die Ablösung des klassischen Bestellprozesses für lagerhaltige Teile durch die Übernahme der Verantwortung für die Zurverfügungstellung vereinbarter Lagerbestände durch den Lieferanten. Auf diese Weise werden verschiedene Vorteile erzielt. Neben einer Senkung der Transaktionskosten ist dies vor allem der vergrößerte Optimierungsspielraum für die

Produktions- und Transportplanung, da der Lieferant diese nun, unter gewissen Randbedingungen, selbst und gemäß seinen Anforderungen durchführen kann. Somit können Produktionslose besser eingeplant und Transportmittel höher ausgelastet werden. In der überbetrieblichen Koordination ist Optimierungspotenzial vorhanden, sofern einzelne Lieferanten keine Full-Truck-Loads (FTL) erreichen. In diesem Fall fährt der Logistikdienstleister (LDL) zur Konsolidierung Sammeltouren zwischen mehreren Lieferanten, die einen gemeinsamen Abnehmer haben [19]. Eine Lösung des Konflikts zwischen geringen, d.h. dem Lean-Ansatz entsprechenden, Lagerbeständen und einer effizienten Transportmittelauslastung kann daher bei nicht vollständiger Transportmittelauslastung nur überbetrieblich erreicht werden. Konzeptuell ist dies durch einen zentralen Planungsansatz zu lösen, wobei allerdings Gründe gegen einen Praxiseinsatz eines derartigen Ansatzes sprechen. Dies sind vor allem Bedenken bezüglich der Offenlegung von Daten gegenüber der zentralen Planungsinstanz sowie die Aufgabe der Planungshoheit. Folglich wird ein dezentrales Koordinationskonzept benötigt, das zwischen mehreren Lieferanten und dem gemeinsamen LDL, bzw. dem Lead Logistics Provider, vermittelt. Dazu stellen sich zwei Fragen. Wie sollte ein kollaboratives Planungskonzept zur integrierten, multilateralen Produktions- und Distributionsplanung gestaltet werden? Und wie leistungsfähig ist es gemessen an der Verbesserung zur herkömmlichen Planung bzw. des theoretisch erreichbaren Optimums?

2 Stand der Forschung

Wie bereits erwähnt, ist das klassische Bestellverfahren bspw. in der Automobilindustrie weitgehend durch den VMI-Prozess abgelöst worden. Er wird von Graf [5] neben Just-in-Time und Just-in-Sequence als eines von drei möglichen Lieferverfahren genannt. Durch die Trennung von Produktions- und Transportplanung existiert allerdings eine sukzessive Planung. Während jedoch JiT und JiS vollständig auf die Anforderungen der Produktion abgestimmt sind, bietet VMI den Spielraum, integrierte Planungskonzepte zu entwerfen und zu untersuchen. Sarmiento und Nagi [16] haben eine nicht vollständige Übersicht integrierter Planungsprobleme erstellt. Das hier vorgestellte Planungsproblem über die Stufen Produktion, Distribution und Lagerhaltung mit mehreren Anbietern und einem Abnehmer ist dort nicht aufgeführt und in der Forschung bislang lediglich von Böhle [2] beschrieben worden.

Hierarchische Koordinationsmechanismen wurden in der Vergangenheit in der Supply-Chain-Management-Forschung intensiv untersucht und führten sowohl zur Entwicklung fortgeschrittener Planungsmethoden [18] als auch deren Implementierung in entsprechenden Softwaresystemen, etwa SAP SCM. Eine derartige hierarchische Koordination kann jedoch ggf. in heterarchischen Supply Chains, bestehend aus autonomen und gleichgestellten Akteuren, aus diversen Gründen nicht angewendet werden. Zum einen sind Unternehmen in der Regel nicht in genau eine Supply Chain eingebunden, sondern tragen zum Wertschöpfungsprozess in verschiedenen Supply Chains bei. Zielkonflikte zwischen diesen Supply Chains, beispielsweise in Bezug auf die Nutzung von Unternehmensressourcen, sind somit unvermeidbar. Folglich müsste ein zentrales, hierarchisches Planungsverfahren sämtliche relevanten Parameter aus verschiedenen Planungsdomänen (also Supply Chains) integrieren, um die inhärenten Abhängigkeiten adäquat abzubilden. Neben den zwangsläufig auftretenden Zielkonflikten besteht das Problem für eine praktische Umsetzung in heterarchischen Supply Chains darin, dass sämtliche Supply-Chain-Akteure potentiell

sensible Informationen (bspw. Kapazitäten, Kostenstrukturen etc.) einer zentralen Planungsinstanz zur Verfügung stellen müssen. Derartige Informationen können u.U. zu einem Wettbewerbsvorteil einzelner Akteure der Supply Chain führen, so dass ein Koordinationsmechanismus durch zentrale Planung nicht für alle Teilnehmer der Supply Chain vorteilhaft erscheint [12]. Weiterhin erfordern zentrale Koordinationsansätze, dass eine übergeordnete Koordinationseinheit neben dem Zugriff auf relevante Informationen die Entscheidungsrechte hat, ermittelte Pläne in der gesamten Supply Chain durchzusetzen. Durch die notwendige Abgabe der lokalen Entscheidungshoheit von Unternehmen an eine zentrale Instanz ist die Eignung hierarchischer Ansätze zum praktischen Einsatz in heterarchischen Supply Chains fragwürdig.¹

Aktuelle SCM-Forschung befasst sich daher mit Konzepten, die auf eine dezentrale Koordination in heterarchischen Supply Chains unter Berücksichtigung von deren besonderen Anforderungen bezüglich Informationsweitergabe und Entscheidungsautonomie abzielen.² Derartige dezentrale Koordinationskonzepte folgen einer Abstimmung auf Basis gegenseitiger Übereinstimmung bei gleichen Entscheidungsrechten der teilnehmenden Supply Chain Akteure [4]. Insbesondere Koordinationsansätze aus dem Bereich der *kollaborativen Planung* (Collaborative Planning) versprechen eine Koordination heterarchischer Supply Chains. Kollaborative Planung zielt auf eine dezentrale Abstimmung zukünftiger Aktivitäten, also die Koordination von Plänen autonomer Akteure, ab [17].

Kollaborative Planung kann als "joint decision making process for aligning plans of individual SC members with the aim of achieving coordination in the light of information asymmetry" [17] verstanden werden. Ein kollaboratives Planungskonzept definiert somit einen einvernehmlichen und Supply-Chain-weiten Planungs- und Entscheidungsprozess zur Abstimmung von Plänen, ohne auf eine zentrale Koordinationseinheit mit vollständiger Information angewiesen zu sein. Die konkrete Ausgestaltung eines derartigen interorganisationalen Planungs- und Entscheidungsprozesses hängt stark von dem zu koordinierenden Objekt (bspw. Abstimmung von Produktionsplänen) und der zu koordinierenden Supply-Chain-Struktur (bspw. multi-tier) ab.

Das Forschungsfeld der kollaborativen Planung hat vielfältige Ansätze zur dezentralen Koordination hervorgebracht.³ Verschiedene kollaborative Planungskonzepte teilen diverse Charakteristika und verfolgen einen im Grundsatz vergleichbaren Ablauf, der von Kilger et al. als „generic collaborative planning process“ [14] beschrieben wird. Die Autoren identifizieren verschiedene Phasen, die in der Umsetzung eines kollaborativen Planungskonzepts durchgeführt werden. Die *Definition* der Kollaborationsvereinbarung (bspw. bezüglich Ziele, ausgetauschte Informationen etc.) stellt die Grundlage des kollaborativen Planungskonzepts dar. Der eigentliche Prozess beginnt mit der *lokalen Planung* der Akteure, so dass

¹ In der Literatur wird die Unzweckmäßigkeit hierarchischer Koordinationsansätze in heterarchischen Supply Chains ausführlich diskutiert. Vgl. hierzu bspw. {Breiter 2009 #78: 4-5}, {Dudek 2009 #97: 19} oder {Albrecht 2010 #6: 24}.

² Übersichten dezentraler Koordinationsansätze finden sich in der Literatur bspw. in [3], [17] oder [14].

³ Bspw. zur kollaborativen Masterplanung (vgl. [4]) oder für eine kollaborative Abstimmung von angebotener und nachgefragter Kapazität in heterarchischen Produktionsnetzwerken (vgl. [7]). Aktuelle Ansätze zur Klassifikation von kollaborativen Planungskonzepten finden sich bspw. in [17] oder [3].

im Anschluss resultierende (Initial-)Pläne (reduziert auf nicht-sensible Informationen) *ausgetauscht* werden. Diese bilden die Basis für die nächste Phase der *Verhandlung* (bspw. Verschiebung von Produktionsterminen). Im Anschluss wird der durch die Verhandlung abgestimmte Plan *ausgeführt* und dessen Performanz *gemessen* [14].

Aufgrund der herausgestellten Defizite klassischer, sukzessiver Planungsverfahren sowie der Nicht-Anwendbarkeit einer zentralen Optimierung wird im Folgenden ein kollaboratives Planungskonzept für die integrierte Produktions- und Distributionsplanung vorgestellt. Das Konzept folgt dabei grundsätzlich dem Ansatz der kollaborativen Planung, vermeidet somit die Weitergabe sensibler Informationen und verzichtet auf eine zentrale Koordinationsinstanz.

3 Ein Konzept zur kollaborativen Produktions- und Distributionsplanung

Das zu entwerfende Planungskonzept muss drei Anforderungen erfüllen. Grundlegend muss es die Abstimmung der Tagesproduktions- bzw. Transportmengen erlauben, die auf Grund der hier getroffenen Annahme, dass Lagerhaltung nur beim Abnehmer stattfindet, gleich sind. Dies geschieht unter Einbindung in eine 1:n-Beziehung zwischen Logistikdienstleister und Lieferanten. Zuletzt müssen Kompensationszahlungen berücksichtigt werden, die ggfs. anfallen, falls ein Lieferant zum Wohle der Supply Chain eine für ihn suboptimale Planung durchführen muss.

Als Koordinationsmechanismus wurde Self Selection gewählt [3], da es lediglich eine Anfrage und Antwort erfordert und damit praxisnäher ist als Verfahren, die mehrere Verhandlungsrunden erfordern. Zur Durchführung übermittelt ein Verhandlungspartner, hier der Lieferant, eine Menge verschiedener Planungsoptionen inklusive Kompensationskosten von denen der Empfänger genau eine auswählt. Der Empfänger, in diesem Fall der Logistikdienstleister, bekommt also auf Anfrage n Mengen von Planungsoptionen der Form [[Losgröße Tag 1; Losgröße Tag 2; ...]; Kompensationskosten Plan 1]; [Losgröße Tag 1; Losgröße Tag 2; ...]; Kompensationskosten Plan 2]; ...]. Er kann daraufhin unter Berücksichtigung der zu zahlenden Kompensationskosten die für ihn optimale Kombination von Planungsoptionen wählen und den Lieferanten seine Wahl zurückmelden. Es wird so das Problem der starken Abhängigkeiten unter den Lieferanten, bedingt durch die Abbildung auf LKW und dem dadurch oft sprunghaften Gesamtergebnissen bei einzelnen Planänderungen, vermieden. Zusätzlich stellt es sicher, dass keiner der Beteiligten schlechter gestellt werden kann als seine optimale Planung. Das Protokoll ist in Bild 1 dargestellt.

Für den Erfolg dieses Verfahrens müssen allerdings die Planungsoptionen so gewählt sein, dass sie zum einen keine zu hohen Kompensationskosten erfordern, da damit die Wahrscheinlichkeit, einen Vorteil erzielen zu können, sinkt. Zum anderen müssen sie möglichst unterschiedlich sein, damit der Logistikdienstleister einen großen Optimierungsspielraum nutzen kann. Für die folgende Untersuchung wurden pro Lieferant sechs Planungsoptionen nach folgenden Maßgaben generiert:

- 1: Optimaler Plan: die Produktion wird entsprechend der lokalen Anforderungen optimiert
- 2: Ungenutzte Perioden: es wird versucht, möglichst in Perioden zu produzieren, die im optimalen Plan (s. 1) ungenutzt sind
- 3: Minimale Lagerkosten: die Produktion wird nur gemäß der resultierenden Lagerhaltungskosten optimiert
- 4: Halbe Lagerkosten: die Lagerhaltungskosten werden mit dem Faktor 0,5 gewichtet
- 5: Zusätzliche Produktionsperiode: gegenüber dem optimalen Plan wird eine zusätzliche Produktionsperiode erzwungen, dabei muss in allen Produktionsperioden eine gewisse Mindestlosgröße erreicht werden
- 6: Wegfall einer Produktionsperiode: gegenüber dem optimalen Plan soll in einer Produktionsperiode weniger produziert werden

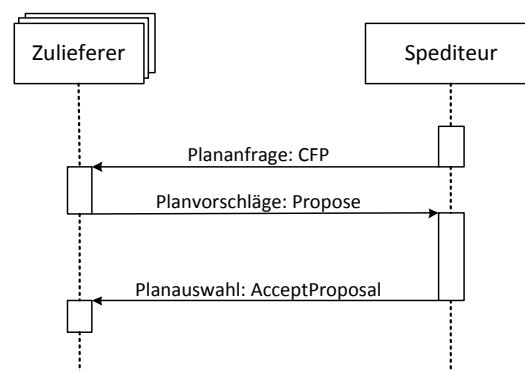


Bild 1: Interaktionsprotokoll im kollaborativen Planungsprozess mit Self Selection

Die Auswahl der optimalen Kombination von Planungsoptionen erfolgt beim LDL durch die Bewertung der Gesamtkosten aller möglichen Kombinationen unter Berücksichtigung der resultierenden Transport- und Kompensationskosten. Zusätzlich werden als Referenzwerte die Lösungen der sukzessiven und der integrierten Planung benötigt. Der erste kann leicht über die bereits vorliegenden optimalen lokalen Pläne ermittelt werden. Für den zweiten wurde ein mathematisches Optimierungsmodell entworfen, das die Produktionspläne simultan ermittelt und auf die LKW-Kapazität abbildet. Über die Zielfunktion, die Rüst-, Lager- und Transportkosten enthält, wird so das Gesamtoptimum der Supply Chain bestimmt. Die Modelle können auf Grund der beschränkten Länge des Beitrags nicht wiedergegeben werden, sind aber auf Anfrage bei den Autoren erhältlich.

4 Evaluation des kollaborativen Planungsansatzes

Zur Evaluation wurde ein Szenario entworfen und die Lösungen der drei Lösungswege verglichen. Es enthält vier Lieferanten, die jeweils zwei Produkte herstellen. Produkt A ist das für die betrachtete Supply Chain und damit für den Transport bestimmte, Produkt B steht stellvertretend für die übrigen herzustellenden Produkte. Der Planungshorizont umfasst zehn Perioden. Die Rüstkosten betragen 20 (A) bzw. 25 (B) GE, die Lagerhaltungskosten 2 (A) bzw. 20 (B) GE pro Periode pro Teil. Die Anfangsbestände sind 12 (A) bzw. 10 (B) Teile, die Bestände dürfen jeweils zwischen 5 und 50 Teilen schwanken. Ein einzusetzender LKW wird

mit 50 GE bewertet und hat eine Kapazität von 100 Teilen. Teil A von Lieferant 1 belegt 5 Einheiten, die übrigen jeweils eine.

Die erzielten Ergebnisse zeigen die Vorteilhaftigkeit des Self Selection-Ansatzes von Böhle gegenüber der mit sukzessiver Planung ermittelten Lösung lokal-optimaler Produktionspläne. So sind bei Anwendung der Sukzessivplanung zwar die summierten Produktionskosten der vier Lieferanten mit 4605 GE die niedrigsten. Es müssen allerdings in zehn Perioden insgesamt 15 LKW eingesetzt werden, um die Waren zu transportieren, was zu Gesamtkosten von 5.355 GE führt. Die optimalen Produktionspläne sind in Bild 2 dargestellt.

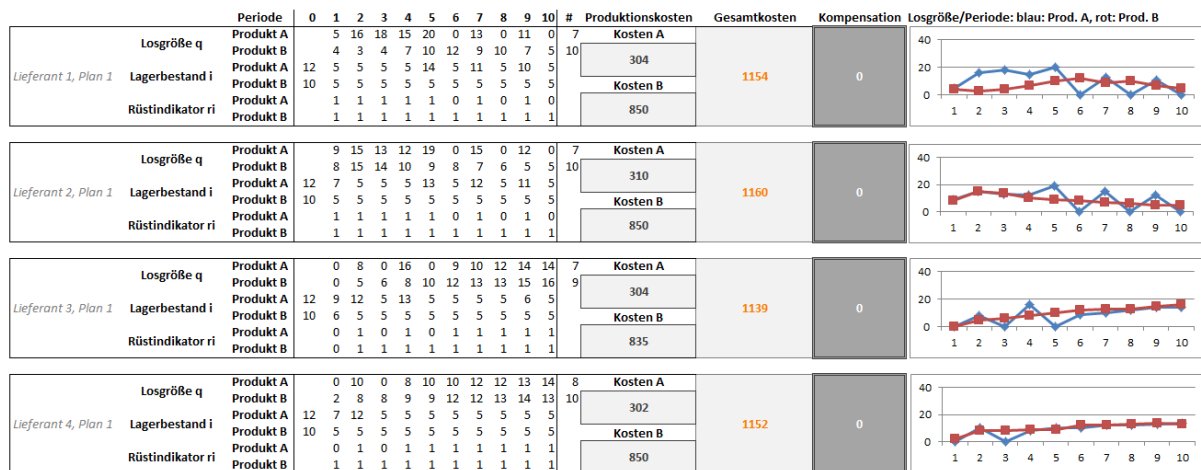


Bild 2: Ergebnisse der sukzessiven Planung

Das zentrale Optimierungsmodell bildet die obere Performanceschranke für die integrierte Produktions- und Transportplanung. Die hier entstehenden Produktionskosten von 4657 GE liegen zwar um 52 GE über denen der sukzessiven Planung, die Ausbringungsmengen in den Perioden sind allerdings so verteilt und aufeinander abgestimmt, dass jetzt nur noch neun LKW eingesetzt werden müssen. Besonders auffällig ist, dass Produkt A in den Perioden 5 und 8 bei keinem Produzenten erzeugt wird und somit in diesen Zeiträumen keine Transportmengen anfallen. Insgesamt werden bei Einsatz des zentralen Optimierungsmodells Kosten von 5.159 GE erzielt, was einer Ersparnis von 196 GE oder 3,6% gegenüber der Sukzessivplanung entspricht. Hierbei sind die Kompensationskosten, die der Differenz zum jeweils optimalen Plan entsprechen, bereits berücksichtigt. Die resultierenden Produktionspläne werden in Bild 3 gezeigt.

Die unter Einsatz des Self Selection-Ansatzes erzielten Resultate liegen erwartungsgemäß zwischen diesen beiden Schranken. Die durch die kombinatorische Optimierung des Logistikdienstleisters ermittelte gesamtkostenoptimale Kombination umfasst die Pläne 1-4-4-5 (vgl. Generierung von Planungsoptionen). Dabei werden 12 LKW eingesetzt und Gesamtkosten von 5249 GE erzielt, was gegenüber der sukzessiv ermittelten Lösung ein Ersparnispotential von 106 GE oder 2% bedeutet und nur 90 GE oder 1,7% über der zentraloptimalen Lösung liegt. Dieser Unterschied ist mit dem naturgemäßen Koordinationsdefizit zwischen den Plänen der einzelnen Lieferanten zu erklären, da die Ausbringungsmengen in den sukzessiv und mit Self Selection getrennt voneinander ermittelten Planungsoptionen nicht so günstig aufeinander abgestimmt werden können wie in der zentralen Lösung, bei der die zentrale Planungsinstanz die Lieferanten und den

Logistikdienstleister simultan plant. Die Kompensationskosten betragen im Durchschnitt 27,8 GE und bewegten sich zwischen 0 GE, also einer kostenneutralen Alternative, und 112 GE. Die Ergebnisse der dezentralen Planung mit Self Selection werden in Bild 4 gezeigt. Ausgewählte Kennzahlen der drei Optimierungsansätze fasst Tabelle 1 zusammen.

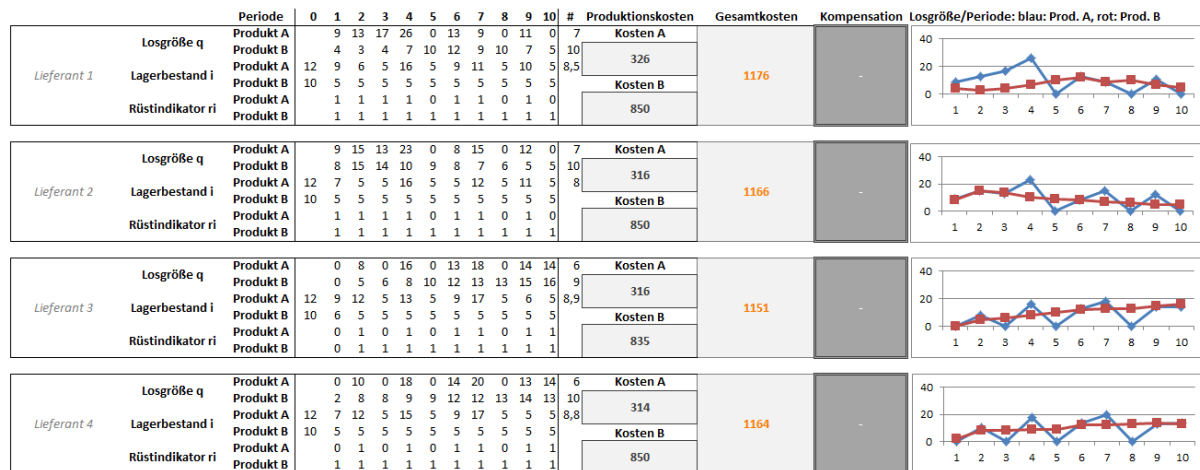


Bild 3: Ergebnisse der zentralen Optimierung

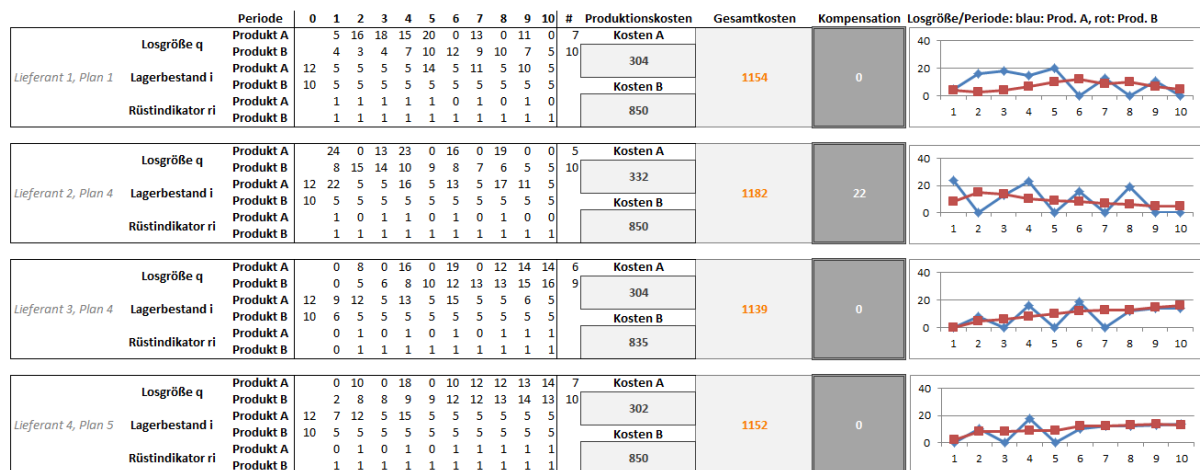


Bild 4: Ergebnisse der dezentralen Planung mit Self Selection

	Sukzessivplanung	Zentrale Optimierung	Self Selection
Anzahl genutzter Produktionsperioden	7 / 7 / 7 / 8 ($\bar{\varnothing}$ 7,25)	7 / 7 / 6 / 6 ($\bar{\varnothing}$ 6,5)	7 / 5 / 6 / 7 ($\bar{\varnothing}$ 6,25)
Durchschnittlicher Lagerbestand A	7,5 / 7,7 / 7,5 / 6,5 ($\bar{\varnothing}$ 7,3)	8,5 / 8 / 8,9 / 8,8 ($\bar{\varnothing}$ 8,55)	7,5 / 10,5 / 8,4 / 7,4 ($\bar{\varnothing}$ 8,45)
Eingesetzte LKW	15	9	12
Gesamtkosten	5355 GE	5159 GE	5249 GE

Tabelle 1: Ausgewählte Kennzahlen der drei Optimierungsansätze

5 Konzepterweiterung und Framework-gestützte Evaluation

Wie in Kapitel 4 gezeigt wurde, kann durch Anwendung des Ansatzes von Böhle bereits nach einer Verhandlungsrunde eine deutliche Verbesserung gegenüber der sukzessiven, isolierten Planung erzielt werden. Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, inwiefern die Adaption anderer geeigneter verhandlungsgestützter Verfahren auf den dargestellten Anwendungsfall die Kostensituation weiter verbessern kann.

Ein in der Literatur viel beachteter Ansatz ist der von Dudek [4]. In seiner Arbeit formuliert er ein verhandlungsbasiertes, iteratives Schema zur kollaborativen Planung zwischen zwei Partnern in einer Supply Chain. Analog zu den Annahmen von Böhle beschreibt Dudek das Szenario eines zweistufigen Supply-Chain-Ausschnitts, in dem die betrachteten Unternehmen in der operativen Planungsphase die Supply-Chain-weite Kostenminimierung anstreben. Auf einen Mediator, also eine dritte Partei, die zwischen Lieferanten und Abnehmer vermittelt, verzichtet der Ansatz ebenso wie auf die Übermittlung vertraulicher Informationen zwischen den Parteien. Einzig die Pläne mit ggfs. notwendigen Kompensationskosten werden im Zuge der Verhandlung ausgetauscht.⁴ Damit konnten bei Untersuchungen Werte nahe am theoretischen Optimum erzielt werden.

Anders als im Anwendungsszenario von Böhle, der die Verhandlungen zwischen mehreren Produzenten und einem Logistikdienstleister modelliert, wird bei Dudek allerdings die Beziehung zwischen Produzent und Käufer abgebildet. Die dem Optimierungskalkül der Unternehmen zugrunde liegenden Modelle sind daher ebenfalls unterschiedlich. So kalkulieren die Akteure bei Dudek ihre Kosten auf Basis eines Multi-level Capacitated Lotsizing Problems (ML CLSP), während die n Produzenten bei Böhle ein leicht modifiziertes, auf dem CLSP basierendes Losgrößenproblem verwenden. Der Logistikdienstleister bildet sein Optimierungsproblem in einem Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) ab. Ein großer Teil des absehbaren Adaptionaufwands liegt daher in der Verwendung dieser unterschiedlichen Modelle begründet.

Eine aus dem Optimierungskalkül des Logistikdienstleisters resultierende Konsequenz, die bei der Adaption beachtet werden muss, ist, dass die Antizipation von Kostenänderungen, die durch marginale Planänderungen hervorgerufen werden, nun erheblich erschwert wird. So beinhaltet das Vehicle Routing Problem sprungfixe Kosten in Form der Einsatzkosten der eingesetzten LKW. Bei Variation der Ausbringungsmenge ist damit von Seiten der Produzenten – selbst bei unveränderten Plänen der anderen $n-1$ Lieferanten – nicht länger von einer proportionalen Auswirkung auf die Kosten des Logistikdienstleister auszugehen.

Mit der Adaption des iterativen Planungsprozesses auf das zuvor dargestellte Anwendungsszenario kann ein iterativer Ansatz zur kollaborativen Produktions- und Distributionsplanung formuliert werden (s. Bild 2). Nach einer initialen Plananfrage, die der Spediteur an die n Zulieferer stellt, kalkuliert jeder Produzent individuell auf Basis seines Optimierungskalküls seinen optimalen Produktionsplan, den er an den Spediteur übermittelt. Analog zum Modell von Dudek ermittelt dieser die Kosten der eingegangenen Pläne und evaluiert marginale Änderungsmöglichkeiten, die die Kostensituation verbessern. Anschließend übermittelt er neue Pläne an die Zulieferer. Über die Fortsetzung des Prozesses entscheidet in jedem Fall

⁴ Für eine ausführliche Klassifikation des Ansatzes vgl. [17].

eine stochastische Akzeptanzfunktion, die alle Vorschläge akzeptiert, die die Gesamtkosten der Lösung weiter reduzieren, und zur Vergrößerung des Lösungsraums auch solche mit leicht erhöhten Kosten toleriert. Der Gesamtprozess wird schließlich durch die Auswahl des supply-chain-weit-kostenoptimalen Ansatzes beendet.

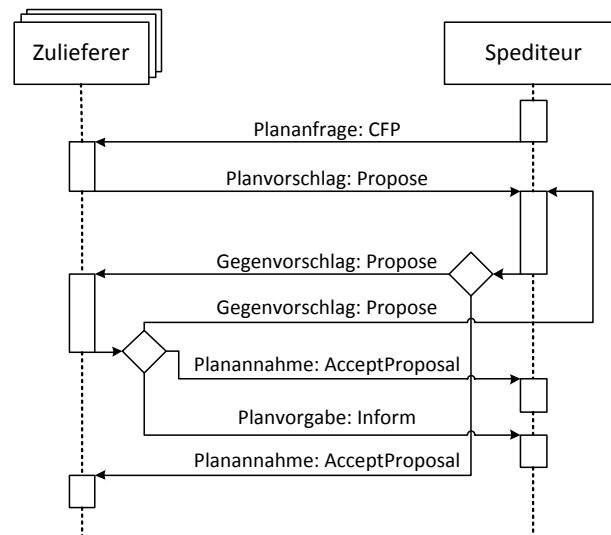


Bild 5: Interaktionsprotokoll im iterativen kollaborativen Planungsprozess

Framework-gestützte Evaluation

Die in Kapitel 4 vorgestellte Evaluation des entwickelten, kollaborativen Planungskonzepts erfolgte auf Basis eines Austauschs von Plänen und alternativen Vorschlägen (Self Selection-Mechanismus) mittels des Ein- und Auslesens temporärer Dateien in die lokalen Optimierungsmodelle. Diese Vorgehensweise zur Evaluation kollaborativer Planungskonzepte ist vor dem Hintergrund komplexer Interaktionen (wie sie dem in diesem Kapitel beschriebenen iterativen Verhandlungskonzept zugrundeliegen) sowie realistischer Supply Chain-Szenarien nicht skalierbar. Aus dieser Motivation und zur Unterstützung der Evaluation verschiedenartiger, kollaborativer Planungskonzepte sind die hier vorgestellten Ergebnisse in die Forschungsaktivitäten für ein agentenbasiertes Verhandlungsframework für Supply Chains (FRISCO) eingebettet. Durch FRISCO wird die Bereitstellung einer Evaluationsumgebung zur Bewertung kollaborativer Planungskonzepte vor dem Hintergrund einer realen Supply Chain (bspw. erwartete Performanzsteigerung, Kostensenkung etc.) angestrebt. Derartige Evaluationen sind für die Einführung eines kollaborativen Planungskonzepts in der Praxis entscheidend, da sie die erwarteten Vorteile für die Supply Chain insgesamt sowie für die einzelnen Akteure aufzeigen kann.

FRISCO besteht aus verschiedenen Komponenten, die zusammen die konzeptionelle Entwicklung, Modellierung sowie anschließende, Szenario-basierte Evaluation kollaborativer Planungskonzepte unterstützen sollen [9]. Für eine effiziente Evaluation basiert das Framework auf der Idee der modellgetriebenen Entwicklung (Model-driven Development, MDD), d.h. ausgehend von den Modellen eines CP-Konzepts sowie Szenarios wird für eine Laufzeitumgebung ausführbarer Quellcode automatisch erzeugt (vgl. Bild). Für die Repräsentation und Informationssystem-basierte Evaluation kollaborativer Planungskonzepte

sowie Strukturen in heterarchischen Supply Chains eignen sich insbesondere Multi-Agentensysteme (MAS).⁵ Daher folgt FRISCO zur Modellierung und IS-basierten Evaluation den Konzepten von MAS. Eine durchgeführte Evaluation eines komplexen kollaborativen Planungskonzepts zur Koordination von Kapazitäten in multi-tier Produktionsnetzwerken lässt diesen Ansatz sinnvoll erscheinen [9]. Daher soll im Folgenden kurz auf eine mögliche, effiziente Evaluation des in diesem Kapitel vorgestellten erweiterten kollaborativen Planungskonzepts unter Verwendung von FRISCO eingegangen werden.

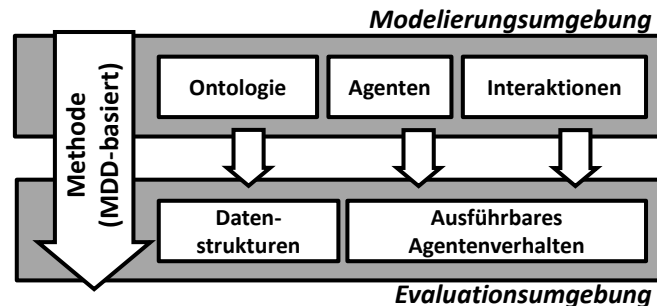


Bild 6: Framework-gestützte Evaluation mit FRISCO

Für eine eindeutige Repräsentation des für die kollaborative Planung notwendigen Wissens der einzelnen Akteure in einer koordinierten, heterarchischen Supply Chain basiert FRISCO auf einer SCM-domänenspezifischen Ontologie. Diese stellt ein gemeinsames Verständnis der zu übertragenden Informationen (bspw. Nachfragemengen in Perioden) dar und dient somit sowohl der eindeutigen inter-organisationalen Kommunikation, als auch intra-organisationalen Berechnungen (bspw. Stücklistenauflösung). Die in FRISCO bereitgestellte Ontologie deckt bereits viele relevante Aspekte aus dem SCM-Kontext ab (bspw. Nachfrage, Ressourcen, Zeit etc.) [11] und wäre somit nur um wenige spezielle Aspekte zu erweitern. Die Ontologie kann automatisch in Datenstrukturen transformiert werden, so dass diese für die Laufzeitumgebung bereitstehen.

Neben der Abbildung des Wissens wurde in FRISCO eine MAS-basierte Modellierungssprache zur Repräsentation der intra- und inter-organisationalen Abläufe integriert.⁶ Für diese Modellierungssprache stehen Transformationsregeln bereit, die auf Basis eines Szenario-Modells eine automatische Quellcode-Generierung des Verhaltens der jeweiligen Akteure (Agenten) eines kollaborativen Planungskonzepts für eine bestimmte Supply Chain-Konfiguration erlauben [10]. Die Modellierung des internen Agentenverhaltens erfordert die Definition verschiedener Pläne, bspw. zur Ermittlung der abzugebenden Gegenvorschläge im oben diskutierten, iterativen Verhandlungsprozess (vgl. Bild). Darüber hinaus erlaubt FRISCO die Modellierung des gesamten, inter-organisationalen Interaktionsprozesses inklusive ausgetauschter Nachrichten und Verknüpfungen zu lokalen Plänen sowie die Abbildung von Zuständen, die die Akteure einnehmen können (vgl. Bild).

⁵ Die Eignung von MAS im Supply Chain Management, insbesondere zur dezentralen Koordination ist bspw. diskutiert in [15] oder [3].

⁶ Domain Specific Modeling Language for Multi-Agent Systems (DSML4MAS), vgl. [6].

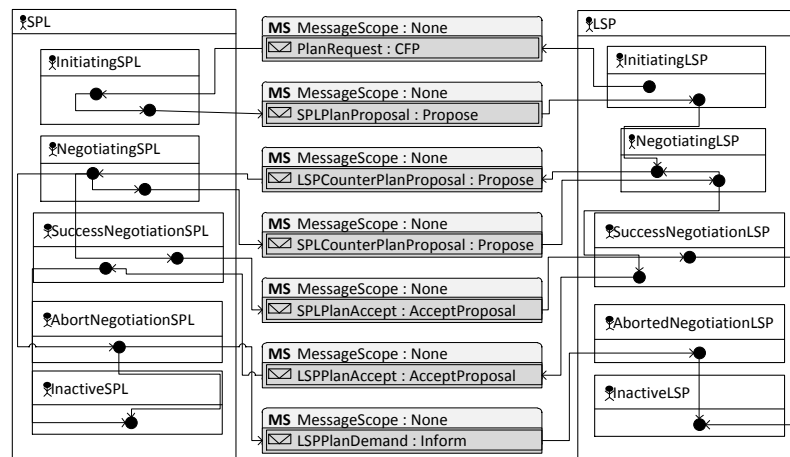


Bild 7: Beispielhafte Modellierung der inter-organisationalen Kommunikation im erweiterten kollaborativen Planungskonzept

Auf Basis der oben beschriebenen Modelle können sämtliche Abläufe im erweiterten kollaborativen Planungskonzept repräsentiert werden. Durch die Definition eines spezifischen Supply Chain-Szenarios können anschließend den konkreten Akteuren ihre jeweiligen Rollen zugewiesen werden, so dass letztlich die automatische Codegenerierung gestartet und somit eine Transformation in die Evaluationsumgebung vorgenommen werden kann. FRISCO stellt einen Simulationsmechanismus bereit, der eine Ausführung und somit eine effiziente Evaluation des kollaborativen Planungskonzepts hinsichtlich zu definierender Performanzindikatoren in verschiedenen Szenarien erlaubt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend wurde ein Planungsproblem innerhalb der Supply Chain beschrieben, das die Abhängigkeit zwischen Produktion und Transport aufzeigt. Die drei Planungsalternativen Sukzessivplanung, kollaborative Planung und zentrale Planung wurden gegenübergestellt und mittels eines Szenarios quantitativ verglichen. Die Vermutung, dass kollaborative Planung eine Verbesserung gegenüber der Sukzessivplanung erzielen kann, jedoch nicht das theoretische Gesamtoptimum, wurde bestätigt.

Aus der Komplexität des Planungsproblems und des Ausblicks auf weitere erfolgsversprechende Kooperationsmechanismen wurde die Motivation für eine modellgestützte Evaluationsumgebung abgeleitet. Das hier beschriebene Vorgehen zeigt einen exemplarischen Anwendungsfall. Eines der wichtigsten Ziele der weiteren Forschung wird es sein, eine Bibliothek dezentraler Planungsprobleme in Supply Chains zu definieren und aufbauend auf der FRISCO-Plattform mit Hilfe verschiedener Protokolle umzusetzen. Dies erlaubt einen Leistungsvergleich und wird die Entwicklung neuer kollaborativer Konzepte voranbringen.

7 Literatur

- [1] Albrecht, M. (2010): Supply Chain Coordination Mechanisms. New approaches for collaborative planning. Springer, Berlin.
- [2] Böhle, C. (2010): Eine theoretische und praktische Herleitung eines Verfahrens für die kostenminimale Koordination von Lieferanten und Logistikdienstleistern zur Belieferung lieferantengesteuerter Lager. Universität Paderborn.
- [3] Breiter, A., Hegmanns, T., Hellingrath, B., and Spinler, S. (2009): Coordination in Supply Chain Management - Review and Identification of Directions for Future Research. In Logistik Management, S. Voss, J. Pahl and S. Schwarze, Eds. Physica-Verlag, Heidelberg.
- [4] Dudek, G. (2009): Collaborative Planning in Supply Chains: A Negotiation-Based Approach. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Graf, H. (2007): Innovative Logistics is a Vital Part of Transformable Factories in the Automotive Industry, Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories, Dashchenko, A. I. (Eds.), Springer-Verlag, S. 423-457
- [6] Hahn, C., Madrigal-Mora, C., and Fischer, K. (2009): A platform-independent metamodel for multiagent systems. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 18, 2, 239-266.
- [7] Hegmanns, T. (2010): Dezentrales Planungs- und Prozesskonzept für ein kollaboratives Bedarfs- und Kapazitätsmanagement in Produktionsnetzwerken. Verl. Praxiswissen, Dortmund.
- [8] Hellingrath, B., Hegmanns, T., Maaß, J.-C., Toth, M. Prozesse in Logistiknetzwerken – Supply Chain Management In Handbuch Logistik, Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., Furmans, K., Eds. Springer-Verlag, Berlin
- [9] Hellingrath, B. and Küppers, P. (2011): Model-Driven Development of Multi-Agent Based Collaborative Planning Concepts for Heterarchical Supply Chains. In Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing, V. Marík, P. Vrba and P. Leitão, Eds. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg, 153–164.
- [10] Hellingrath, B. and Küppers, P. (2011): Multi-Agent Based Collaborative Demand and Capacity Network Planning in Heterarchical Supply Chains. In Proceedings of the IJCAI 2011 Workshop on Artificial Intelligence and Logistics (AILog-2011), 25–30.
- [11] Hellingrath, B., Witthaut, M., Böhle, C., and Brügger, S. (2009): An Organizational Knowledge Ontology for Automotive Supply Chains. In Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing. 4th International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, HoloMAS 2009, Linz, Austria, August 31 - September 2, 2009. Proceedings, V. Marik, T. Strasser and A. Zoitl, Eds. Springer, Berlin, Heidelberg, 37-46.
- [12] Holmström, J., Framling, K., Tuomi, J., Karkkainen, M., and Ala-Risku, T. (2002): Intelligent product agents: the key to implementing collaboration process networks? International Journal of Logistics Management 13, 2, 39–50.
- [13] Kauremaa, J., Smaros, J., Holmström, J. (2009): Patterns of vendor-managed inventory: findings from a multiple-case study. International Journal of Operations & Production Management 29, 11, 1109-1139

- [14] Kilger, C., Reuter, B., and Stadtler, H. (2008): Collaborative Planning. In Supply chain management and advanced planning. Concepts, models, software, and case studies, H. Stadtler and C. Kilger, Eds. Springer, Berlin, 263-284.
- [15] Moyaux, T., Chaib-draa, B., and D'Amours, S. (2006): Supply chain management and multiagent systems: an overview. In Multiagent-Based Supply Chain Management, B. Chaib-draa and J. Müller, Eds. Studies in Computational Intelligence. Springer, Berlin, 1-27.
- [16] Sarmiento, A. M., Nagi, R. (1999): A Review of Integrated Analysis of Production-Distribution Systems. In IEE Transactions 31, S. 1061-1074
- [17] Stadtler, H. 2009. A framework for collaborative planning and state-of-the-art. OR Spectrum 31, 5-30.
- [18] Stadtler, H. and Kilger, C., Eds. (2008): Supply chain management and advanced planning. Concepts, models, software, and case studies. Springer, Berlin.
- [19] Vahrenkamp, R. (2005): Logistik. Oldenbourg, München.